

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019365

International filing date: 24 December 2004 (24.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-061856
Filing date: 05 March 2004 (05.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 02 June 2005 (02.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

28.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 3月 5日

出願番号
Application Number: 特願2004-061856

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

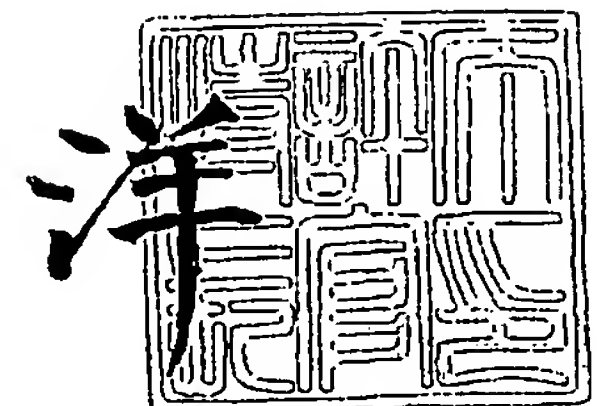
JP2004-061856

出願人
Applicant(s): 株式会社日立メディコ

2005年 5月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2005-3011574

【書類名】 特許願
【整理番号】 NT04P0208
【提出日】 平成16年 3月 5日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 A61B 5/055
【発明者】
【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所
中央研究所内
【氏名】 黒川 眞次
【発明者】
【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所
中央研究所内
【氏名】 谷口 陽
【発明者】
【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所
中央研究所内
【氏名】 越智 久晃
【特許出願人】
【識別番号】 000005108
【氏名又は名称】 株式会社日立製作所
【特許出願人】
【識別番号】 000153498
【氏名又は名称】 株式会社日立メディコ
【代理人】
【識別番号】 100068504
【弁理士】
【氏名又は名称】 小川 勝男
【電話番号】 03-3537-1621
【選任した代理人】
【識別番号】 100086656
【弁理士】
【氏名又は名称】 田中 恭助
【電話番号】 03-3537-1621
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 081423
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

静磁場の中に置かれた被検体に、高周波磁場、傾斜磁場を印加して、前記被検体から発生する核磁気共鳴信号を検出するパルスシーケンスを制御する制御装置を有し、前記制御装置は、(1) k 空間を放射状に走査する前記核磁気共鳴信号を検出すること、(2) 複数枚数撮影すること、(3) スライディングウィンドウを用いること、(4) 前記走査を n 個飛ばしに行ない、時間フィルタによりアーチファクトを抑制することを特徴とする核磁気共鳴を用いた検査装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の核磁気共鳴を用いた検査装置において、前記制御装置は、前記 (3) で、n 個飛ばしの n 値の設定により、アーチファクトの周波数をナイキスト周波数付近に制御することを特徴とする核磁気共鳴を用いた検査装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の核磁気共鳴を用いた検査装置において、前記制御装置は、前記 (1)、(2) で、スキャンラインを間引き、間引き方を画像間で変化させることにより、アーチファクトを周期的に変化させるよう前記走査を行なうことを特徴とする核磁気共鳴を用いた検査装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】核磁気共鳴を用いた検査装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、核磁気共鳴を用いた検査技術に関する。

【背景技術】

【0002】

核磁気共鳴イメージング(MRI)装置は、被検体を横切る任意の平面内の水素原子核に核磁気共鳴を起こさせ、発生する核磁気共鳴信号からその平面内における断層像を得る医用画像診断装置である。

【0003】

一般的には、被検体の断層像を得ようとする平面を特定するスライス傾斜磁場を印加すると同時にその平面内の磁化を励起させる励起パルスを与え、これにより励起された磁化が収束する段階で発生する核磁気共鳴信号(エコー)を得る。磁化に位置情報を与えるため、励起からエコーを得るまでの間に、断層面内で互いに垂直な方向の位相エンコード傾斜磁場とリードアウト傾斜磁場を印加する。計測されたエコーは、横軸を k_x 、縦軸を k_y とする k 空間に配置される。1つのエコーは、 k_x 軸に平行な1本のラインを占める。この k 空間に対して逆フーリエ変換することによって画像再構成が行われる。

【0004】

一般的な撮影方法の一つであるラジアルスキャンには、断層面内で印加する傾斜磁場に位相エンコードとリードアウトという役割の違いはない。断層面内で互いに垂直な方向の傾斜磁場の組み合わせにより磁場の傾斜方向を変化させ、傾斜方向の角度を k_θ 、径を k_r とする放射状の k 空間上に、計測されたエコーが配置される。放射状に配置されたエコーを適当な変換により格子状に再配置した後、 k 空間に対して逆フーリエ変換することにより画像再構成を行う。

【0005】

エコーを発生させるためのパルスと各傾斜磁場は、あらかじめ設定されたパルスシーケンスに基づいて印加されるようになっている。このパルスシーケンスは、目的に応じて種々のものが知られている。

【0006】

例えば、ラジアルスキャン系のグラディエントエコー(GE)法は、そのパルスシーケンスを繰り返して作動させ、繰り返しごとに傾斜磁場方向を順次変化させることにより、1枚の断層像を得るために必要な数のエコーを順次計測していく方法である。

【0007】

図1の(A)に、ラジアルスキャン系のGE法のパルスシーケンスを示す。このパルスシーケンスの動作は以下のとおりである。 z 方向のスライス傾斜磁場パルス201の印加とともにプロトンの共鳴周波数 f_0 の磁化励起用高周波磁場(RF)パルス202を印加し、対象物体内のあるスライスのプロトンに核磁気共鳴現象を誘起する。そして、 x 方向のデフーズ用リードアウト傾斜磁場203、 y 方向のデフーズ用リードアウト傾斜磁場204を印加した後、 x 方向の位置情報を付加するためのリードアウト傾斜磁場パルス205と y 方向の位置情報を付加するためのリードアウト傾斜磁場パルス206を印加しながら核磁気共鳴信号(エコー)207を計測する。エコー計測後、 x 方向リフェーズ傾斜磁場パルス209と y 方向リフェーズ傾斜磁場パルス208を印加して磁化の位相を戻し、次の励起に備える。

【0008】

以上のスライス傾斜磁場パルス印加からエコー計測までの手順を、繰り返し時間TRで繰り返し、1枚の画像を得るのに必要なエコーを計測する。各エコーは、図1の(B)のように k 空間210上に配置される。グリidding(例えば、非特許文献1参照)を行い、図1の(C)のように格子状の k 空間211上に配置しなおした後、2次元逆フーリエ変換によって画像再構成される。1画像当たりの撮影時間は、例えば、 $TR=4\text{ms}$ と

して64エコーを取得した場合、0.256秒である。なお、このシーケンスはTRが短いため、磁化が定常状態になってエコーが安定するまで、20回程度以上のシーケンス実行が余分に必要である。

【0009】

心臓を撮影する場合には、心周期が約1秒と心臓の動きが撮影時間に対して無視できない。リアルタイムに撮影を行わない場合には心電同期などの方法で心臓の動きの影響を抑制することが可能だが、リアルタイムに撮影を行う場合には、撮影中に対象が大きく動き、アーチファクトが生じる。

【0010】

ラジアルスキュンの場合は、対象の動きはk空間上での放射状のギャップとなる。このギャップにより再構成画像にも放射状のアーチファクトが生じることになる。

【0011】

前記撮影条件では、一画像の取得には0.256秒かかり、そのままではなめらかな動画として表示できない。なめらかに表示する技術として、エコーを一部ずつ更新するためのスライディングウィンドウがある。この技術は一画像分すべて新しいデータを得てから画像を作成するのではなく、例えば、8エコー新しいデータを得たら、残りの56エコーはすでに計測済みのデータを用いて再構成を行うことにより、フレームレートをあげる。

【0012】

スライディングウィンドウは、データの取得開始位置が周期的に変化することになる。つまり、k空間上でのギャップの位置が周期的に変化する。よって、再構成画像上の放射状アーチファクトがこの周期で回転する。

【0013】

フレームレートを向上させる別の方法として、コイル感度分布を利用する方法（例えば、非特許文献2参照）や折り返しを抑制する方法（例えば、特許文献1参照）などエコー数を省略する方法も提案されている。しかし、通常、これらの方法ではフレームレートは2、3倍にしかならず、スライディングウィンドウなどの手法も併用し、さらにフレームレートを向上する必要がある。

【0014】

【非特許文献1】 John I. Jackson, Craig H. Meyer, Dwight G. Nishimura, and Albert Macovski : Selection of a Convolution Function for Fourier Inversion Using Gridding, IEEE transactions on medical imaging, vol. 10, no. 3, Sept. 1991

【0015】

【非特許文献2】 Pruessmann KP, Weiger M, Scheidegger MB, Boesiger P. SENSE: sensitivity encoding for fast MRI. Magn Reson Med. vol. 42, no. 5, 952-62, 1999

【特許文献1】 米国特許第6,144,873号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

上述した撮影方法では、元のフレームレートは約4fps（1フレーム当たりの撮影時間0.256秒）である。コイル感度分布を利用する方法などを用いても10fps程度にしかならず、データのギャップにより放射状アーチファクトが生じる。滑らかな動画（20fps程度）を表示するために、スライディングウィンドウを用いても、データのギャップによる放射状アーチファクトは消えずに回転するようになり、さらに目障りなものになる。

【0017】

そこで、本発明の目的は、ラジアルスキャンで生じる放射状アーチファクトが抑制された動画撮影を可能にする核磁気共鳴を用いた検査装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記目的を達成するために、本発明では、以下に示すような特徴を有する。

【0019】

(1) 本発明の核磁気共鳴を用いた検査装置は、静磁場の中に置かれた被検体に、高周波磁場、傾斜磁場を印加して、前記被検体から発生する核磁気共鳴信号を検出するパルスシーケンスを制御する制御装置を有し、前記制御装置は、(1) k空間を放射状に走査する前記核磁気共鳴信号を検出すること、(2) 複数枚数撮影すること、(3) スライディングウィンドウを用いること、(4) 前記走査をn個飛ばしに行い、時間フィルタによりアーチファクトを抑制することを特徴とする。

【0020】

(2) 前記(1)の核磁気共鳴を用いた検査装置において、前記制御装置は、前記(3)で、n個飛ばしのn値の設定により、アーチファクトの周波数をナイキスト周波数付近に制御することを特徴とする。

【0021】

(3) 前記(1)の核磁気共鳴を用いた検査装置において、前記制御装置は、前記(1)、(2)で、スキャンラインを間引き、間引き方を画像間で変化させることにより、アーチファクトを周期的に変化させるよう前記走査を行なうことを特徴とする。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、アーチファクトが抑制された心臓などのリアルタイム撮影を実施可能な核磁気共鳴を用いた検査装置が実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明の実施例について、図面を参照して詳述する。

【0024】

図2は、本発明が適用される核磁気共鳴イメージング装置の概略構成を示すブロック図である。図2において、101は静磁場を発生するマグネット、102は傾斜磁場を発生するコイル、103は被検体(例えば、生体)であり、被検体103はマグネット101の発生する静磁場空間内に設置される。また、シーケンサ104は傾斜磁場電源105と高周波磁場発生器106に命令を送り、それぞれ傾斜磁場および高周波磁場を発生させる。高周波磁場は、照射用コイル107を通じて被検体103に印加される。被検体103から発生した信号は受信用コイル116によって受波され、受信器108で検波が行われる。検波の基準とする核磁気共鳴周波数(以下、検波基準周波数と記す。)は、シーケンサ104によりセットされる。検波された信号は計算機109に送られ、ここで画像再構成などの信号処理が行われる。

【0025】

その結果は、ディスプレイ110に表示される。必要に応じて、記憶媒体111に検波された信号や測定条件を記憶させることもできる。また、静磁場均一度を調整する必要があるときは、シムコイル112を使う。シムコイル112は複数のチャネルからなり、シム電源113により電流が供給される。静磁場均一度調整時には各シムコイルに流れる電流をシーケンサ104により制御する。シーケンサ104は、シム電源113に命令を送り、静磁場不均一を補正するような付加的な磁場をコイル112より発生させる。

【0026】

なお、シーケンサ104は、通常、予めプログラムされたタイミング、強度で各装置が動作するように制御を行う。上記プログラムのうち、特に、高周波磁場、傾斜磁場、信号受信のタイミングや強度を記述したものはパルスシーケンスと呼ばれている。

【0027】

図1の(A)に、パルスシーケンスを示す。このパルスシーケンスの動作は以下のとおりである。z方向のスライス傾斜磁場パルス201の印加とともにプロトンの共鳴周波数 f_0 の磁化励起用高周波磁場(RF)パルス202を印加し、対象物体内のあるスライスのプロトンに核磁気共鳴現象を誘起する。そして、x方向のデフェーズ用リードアウト傾斜磁場パルス203、y方向のデフェーズ用リードアウト傾斜磁場パルス204を印加した後、x方向の位置情報を付加するためのリードアウト傾斜磁場パルス205とy方向の位置情報を付加するためのリードアウト傾斜磁場パルス206を印加しながら核磁気共鳴信号(エコー)207を計測する。エコー計測後、x方向リフェーズ傾斜磁場パルス208とx方向リフェーズ傾斜磁場パルス209を印加して磁化の位相を戻し、次の励起に備える。

【0028】

以上のスライス傾斜磁場パルス印加からエコー計測までの手順を、繰り返し時間 $TR = 4\text{ ms}$ で繰り返し、64エコーで一枚の画像が得られるように傾斜磁場の大きさを変化させる。ただし、最初の20回程のエコーは磁化が定常状態になる前のものなので使用しない。

【0029】

また、傾斜磁場の大きさは、k空間を θ 方向に3エコーずつ飛ばして走査するように変化させる。図3に、その走査順序の模式図を示す。この時点では、フレームレートは4fpsである。スライディングウィンドウを用い、8エコーずつ更新することによりフレームレートを32fpsにする。その後、グリッディング(非特許文献1を参照)を行い、図1の(C)のように格子状のk空間211上に配置しなおした後、2次元逆フーリエ変換によって画像再構成を行う。

【0030】

k空間の走査を3個飛ばしに行なったことにより、放射状アーチファクトの周波数が高周波に変化する。放射状アーチファクトの周波数が高周波に変化させることにより、時間フィルタ(ローパスフィルタ)を用いて放射状アーチファクトを抑制することが可能となる。

【0031】

さらに、画像辺縁部のアンダーサンプリングによるアーチファクトを抑制する場合には、スライディングウィンドウを適用する前のデータにおいて、隣り合うフレームの走査ラインが重ならないようにずらして取得したデータを用いる。これらの時系列データに対して時間フィルタ(ローパスフィルタ)を適用することによりアンダーサンプリングによるアーチファクトを抑制することが可能となる。

【0032】

図6に、アーチファクトのフィルタリングの一例として、k空間の走査を3個飛ばしに行って再構成した動画像を時間方向に周波数分解した結果401と、使用した時間フィルタ402を示す。図6において、横軸は周波数を表し、縦軸は振幅を表す。403は、この動画像に見られる放射状アーチファクトの周波数成分である。動画像の周波数成分401に対して時間フィルタ402を適用することにより、放射状アーチファクトの周波数成分403を0にすることができ、放射状アーチファクトを除去することが可能となる。

【0033】

図4に、本発明による撮影結果(動画の1フレーム目)を示す。図4の(A)は、3個飛ばし、時間フィルタ(ローパスフィルタ)、アンダーサンプリングによるアーチファクトの抑制のいずれも使用しなかった場合の画像(0個飛ばし)である。図4の(B)は、3個飛ばしで走査し、時間フィルタ(ローパスフィルタ)を適用した場合の画像である。放射状アーチファクトが抑制されているのがわかる。図4の(C)は、3個飛ばしで走査し、時間フィルタ(ローパスフィルタ)を適用し、さらにアンダーサンプリングによるアーチファクトの抑制を行えるような走査ラインで取得した画像である。データのギャップによる放射状アーチファクトだけでなく、画像辺縁部のアーチファクトが抑制されていることがわかる。

【0034】

本実施例では、3個飛ばしで走査を行う場合について説明したが、何個飛ばしで走査を行うべきか、ということは以下の式(数1)を用いて決定することができる。

【0035】

$$(N+1) = Ne / 2 \quad \dots\dots\dots (数1)$$

ここで、NはN個飛ばしのN、Neはエコーシェアをした場合にフレームレートが何倍になるかという値である。

【0036】

(数1)は、次のように導かれる。エコーシェアによりフレームレートをNe倍にした場合、データのギャップが周期 Ne/F で変化することになり、それにともない周波数 F/Ne の放射状アーチファクトが生じる(ここで、Fはフレームレート)。N個飛ばしの走査の場合は走査ラインが一周するために必要なエコーの数が $1/(N+1)$ に減少するために、データのギャップの変化の周波数が(N+1)倍になり、それにともない放射状アーチファクトの周波数が $F/Ne \times (N+1)$ になる。これが高周波(ナイキスト周波数 $F/2$)になるという条件($F/Ne \times (N+1) = F/2$)から、(数1)の条件が導かれる。

【0037】

図5に、本発明における撮影手順を示す。まず、撮影準備として、撮影シーケンスのパラメータを入力する(ステップ301)。

【0038】

次に、(数1)に従ってN個飛ばしのN値を決定する(ステップ302)。

【0039】

次に、図1(A)のシーケンスを用いてエコーを取得する(ステップ303)。このとき、図3に示されるようにN個飛ばしに走査を行う。また、アンダーサンプリングによるアーチファクトの抑制を併用する場合には、必要なフレーム数だけ走査ラインが重ならないように互い違いに走査を行う。

【0040】

次に、画像更新に必要なエコーが取得された段階で、画像再構成を行う(ステップ304)。

【0041】

最後に、時間フィルタ(ローパスフィルタ)をかけて放射状アーチファクトが抑制された画像を取得する(ステップ305)。また、アンダーサンプリングによるアーチファクトの抑制を併用する場合には、対応する時間フィルタ(ローパスフィルタ)をかけてアーチファクトを抑制する。

【0042】

本発明によれば、ラジアルスキャンにおけるデータのギャップによる放射状アーチファクトの周波数を操作してフィルタをかけることができるため、放射状アーチファクトを抑制できるという顕著な効果が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】ラジアルスキャンのパルスシーケンスを説明する図。

【図2】本発明が適用される核磁気共鳴イメージング装置の構成例を説明する図。

【図3】本発明におけるN個飛ばしの走査順序を説明する図。

【図4】本発明による撮影結果を説明する図。

【図5】本発明における撮影手順を説明する図。

【図6】k空間の走査を3個飛ばしに行って再構成した動画像の周波数成分と時間フィルタ(ローパスフィルタ)を示す図。

【符号の説明】

【0044】

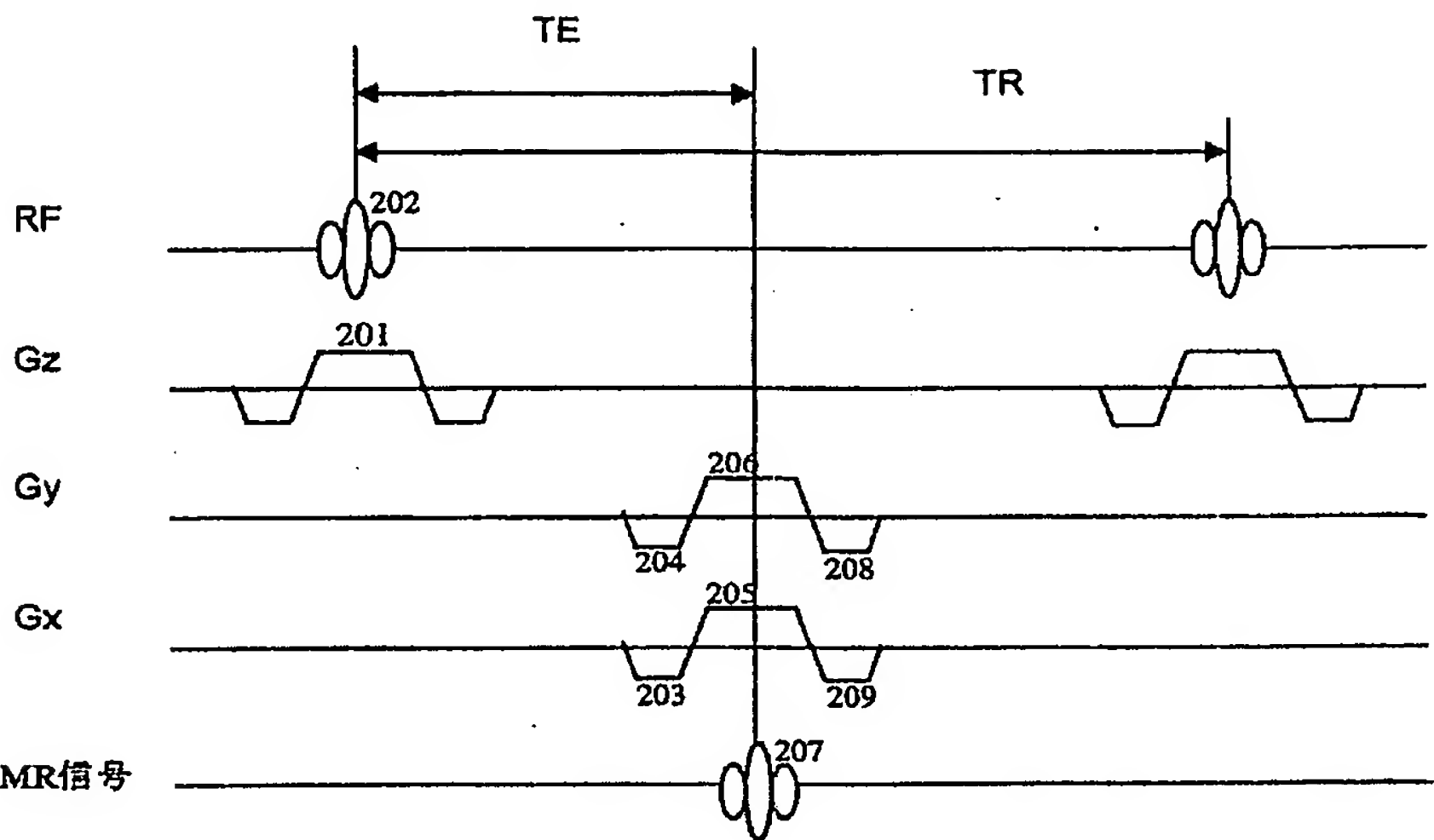
101…静磁場を発生するマグネット、102…傾斜磁場コイル、103…被検体、1

04...シーケンサ、105...傾斜磁場電源、106...高周波磁場発生器、107...照射用コイル、108...受信器、109...計算機、110...ディスプレイ、111...記憶媒体、112...シムコイル、113...シム電源、116...受信用コイル、201...スライス傾斜磁場パルス、202...磁化励起用高周波磁場パルス、203、204...ディフェーズ用リードアウト傾斜磁場パルス、205、206...リードアウト傾斜磁場パルス、207...エコー、208、209...リフェーズリードアウト傾斜磁場パルス、210、211...k空間、401...k空間の走査を3個飛ばしに行って再構成した動画像の周波数成分、402...時間フィルタ、403...k空間の走査を3個飛ばしに行って再構成した動画像に見られる放射状アーチファクトの周波数成分。

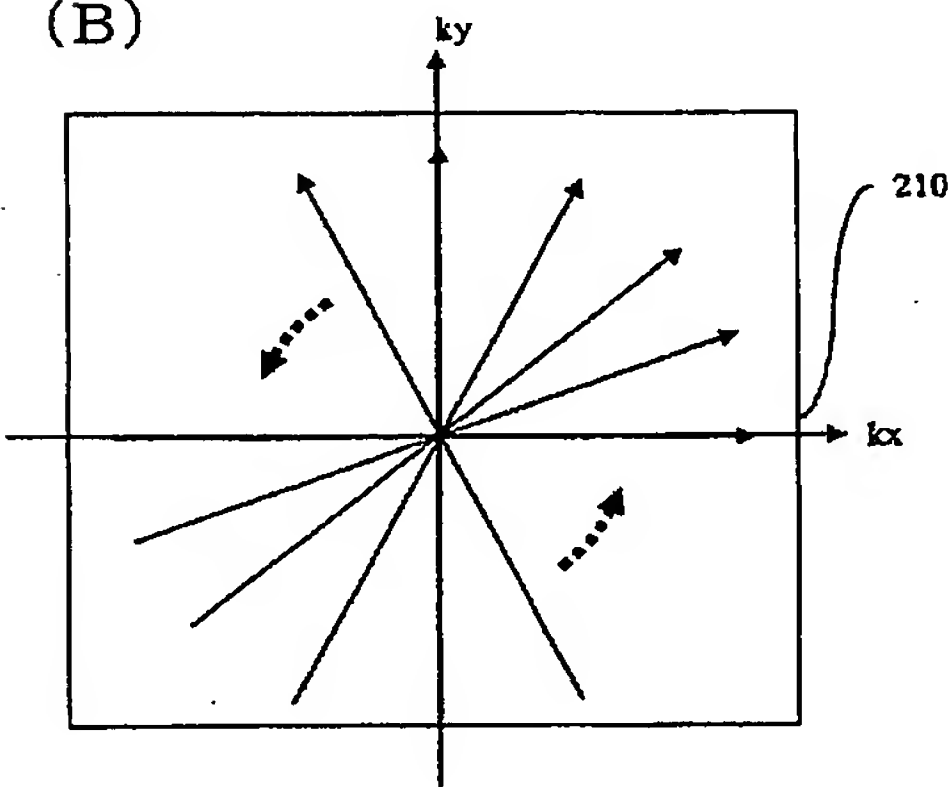
【書類名】 図面
【図 1】

図 1

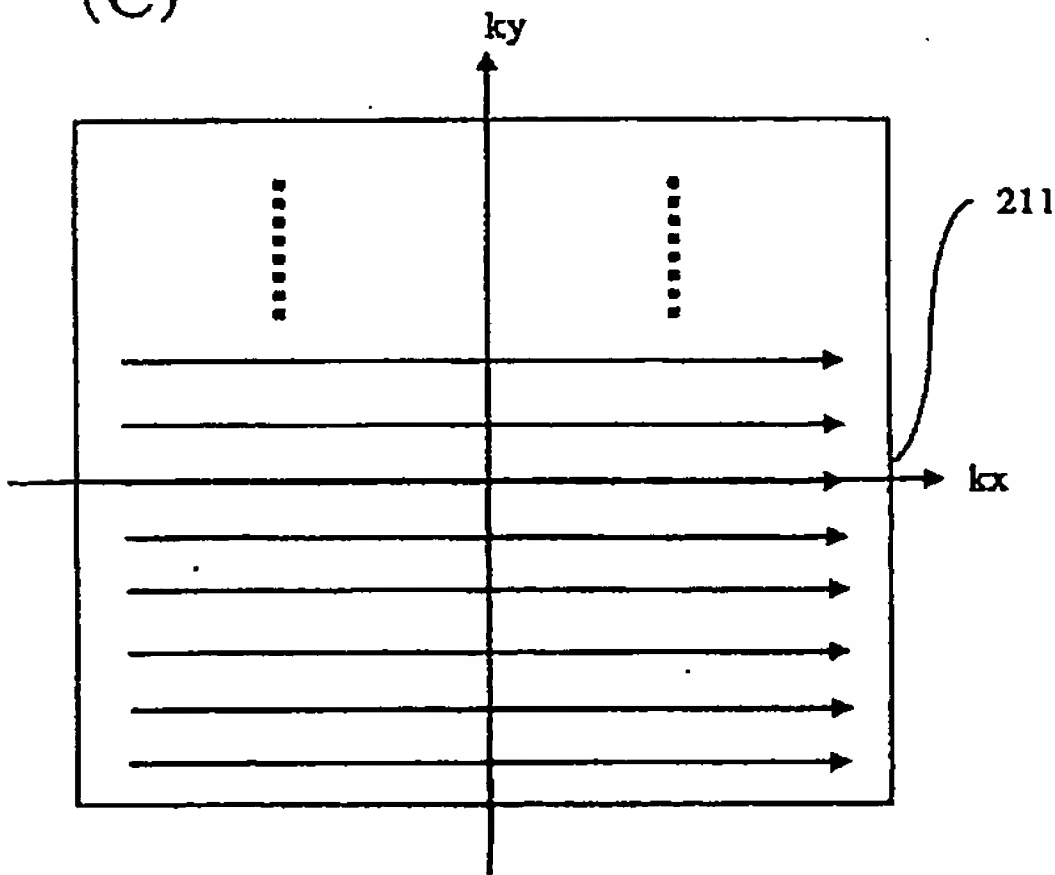
(A)



(B)

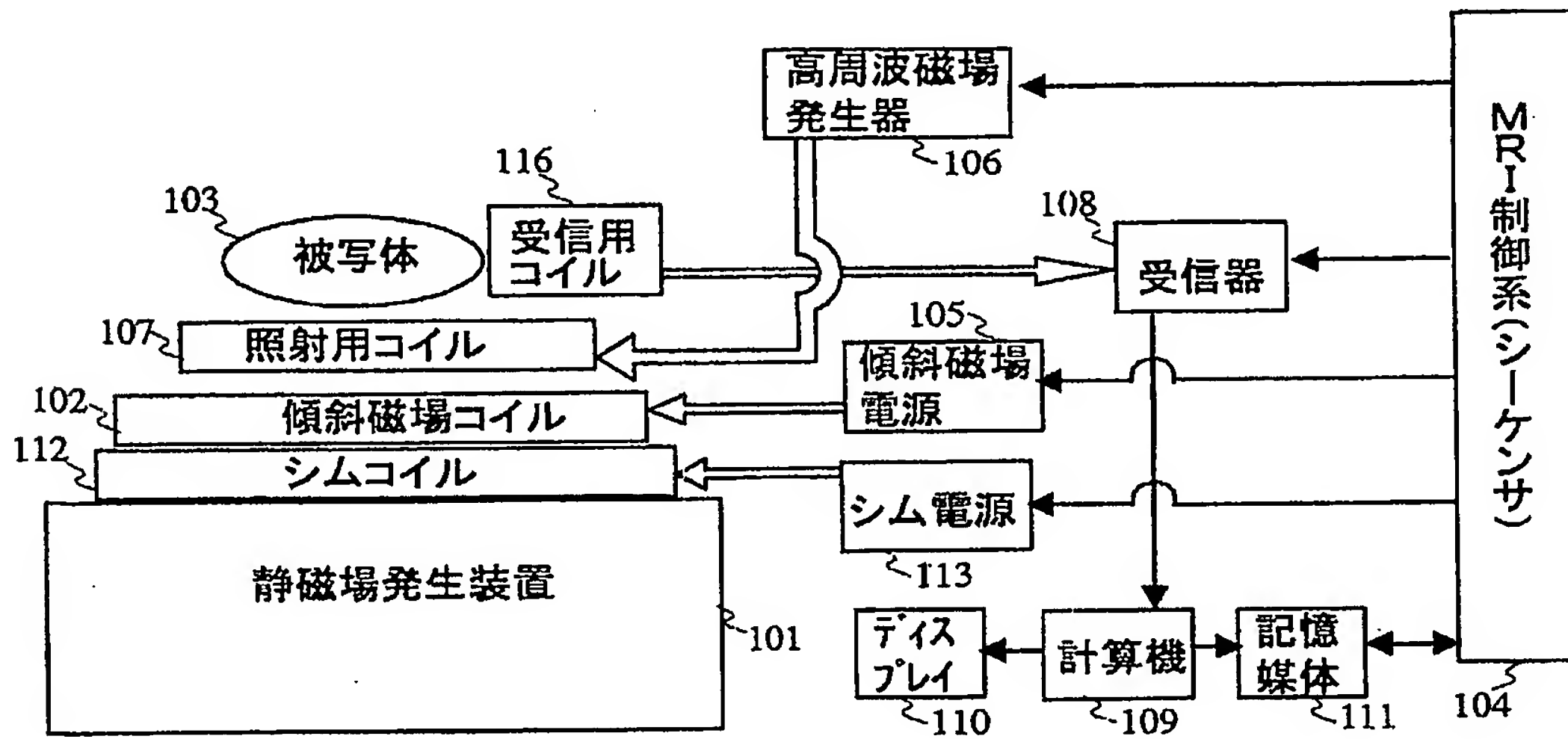


(C)



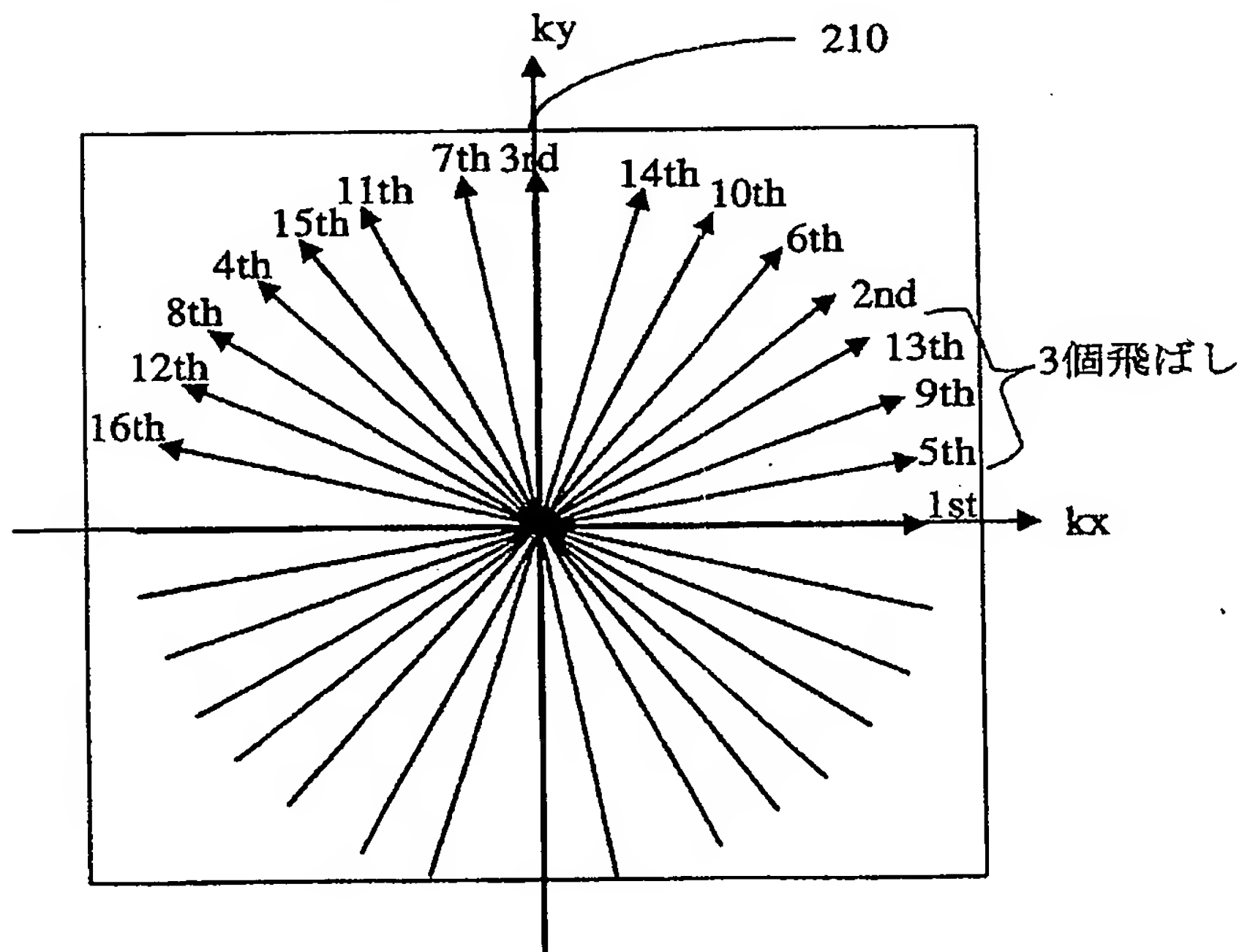
【図2】

図2



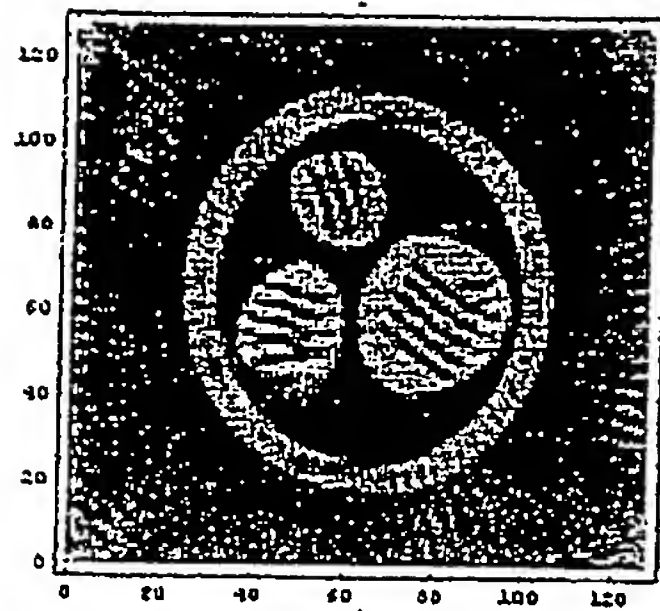
【図3】

図3

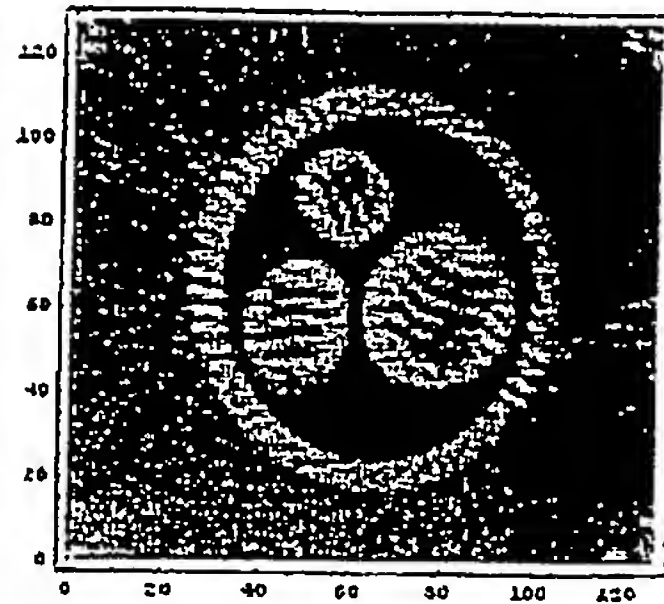


【図4】

図4

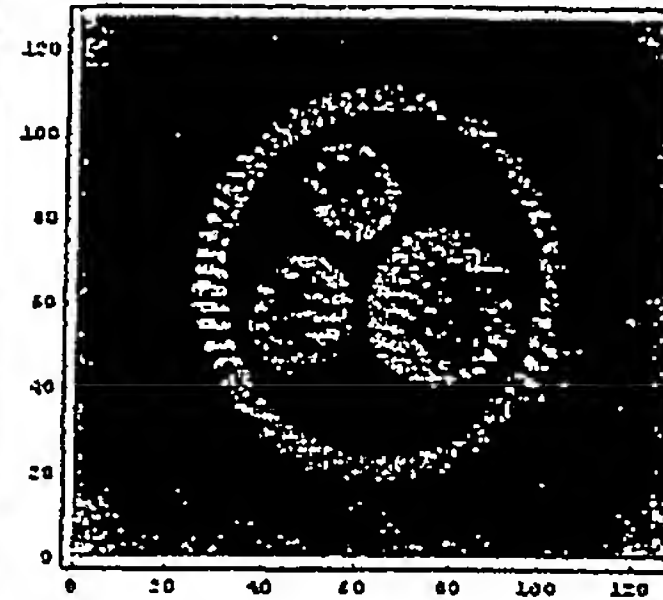


(A) 0個飛ばし



(B) 3個飛ばし+

時間フィルタ



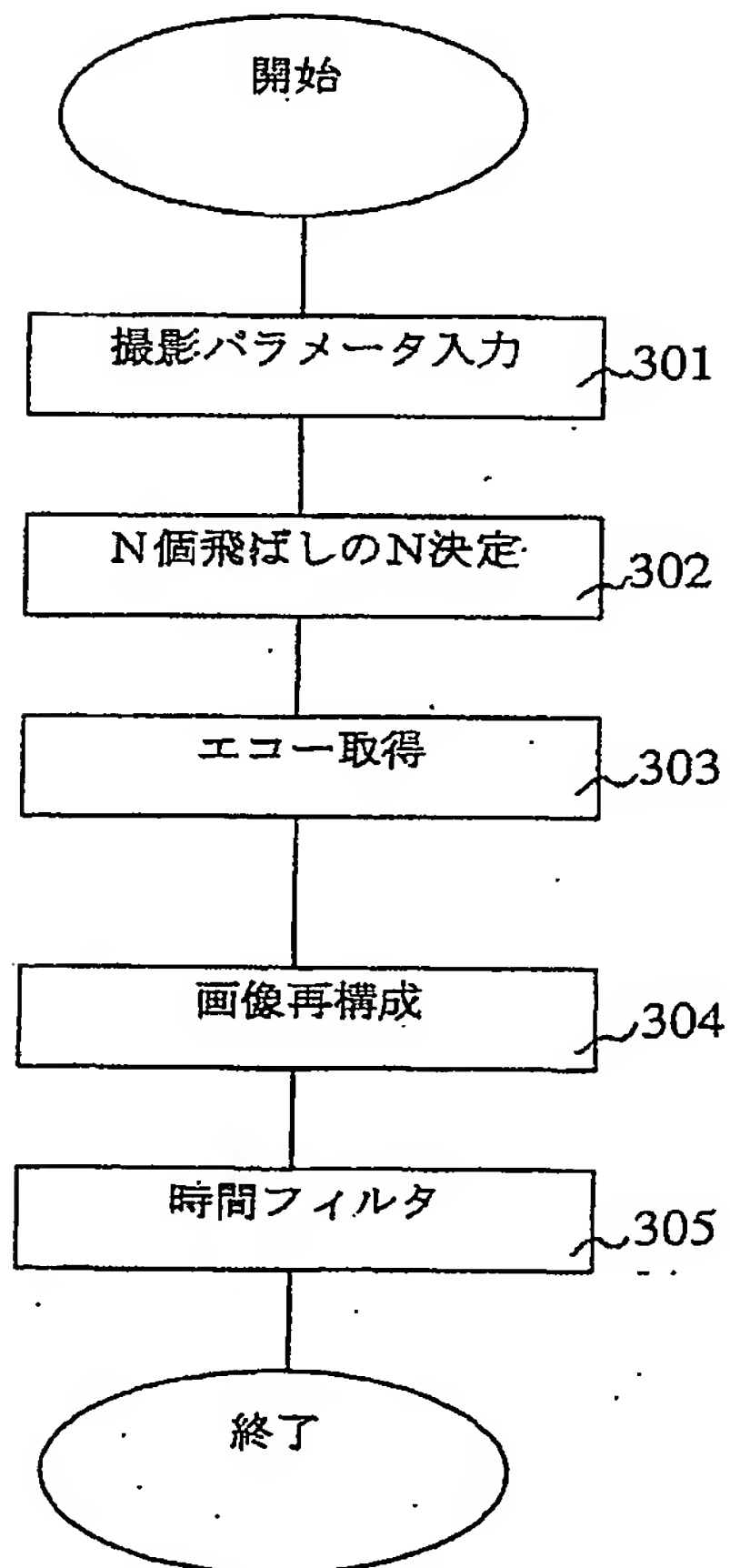
(C) 3個飛ばし+

時間フィルタ+

アンダーサンプリング抑制

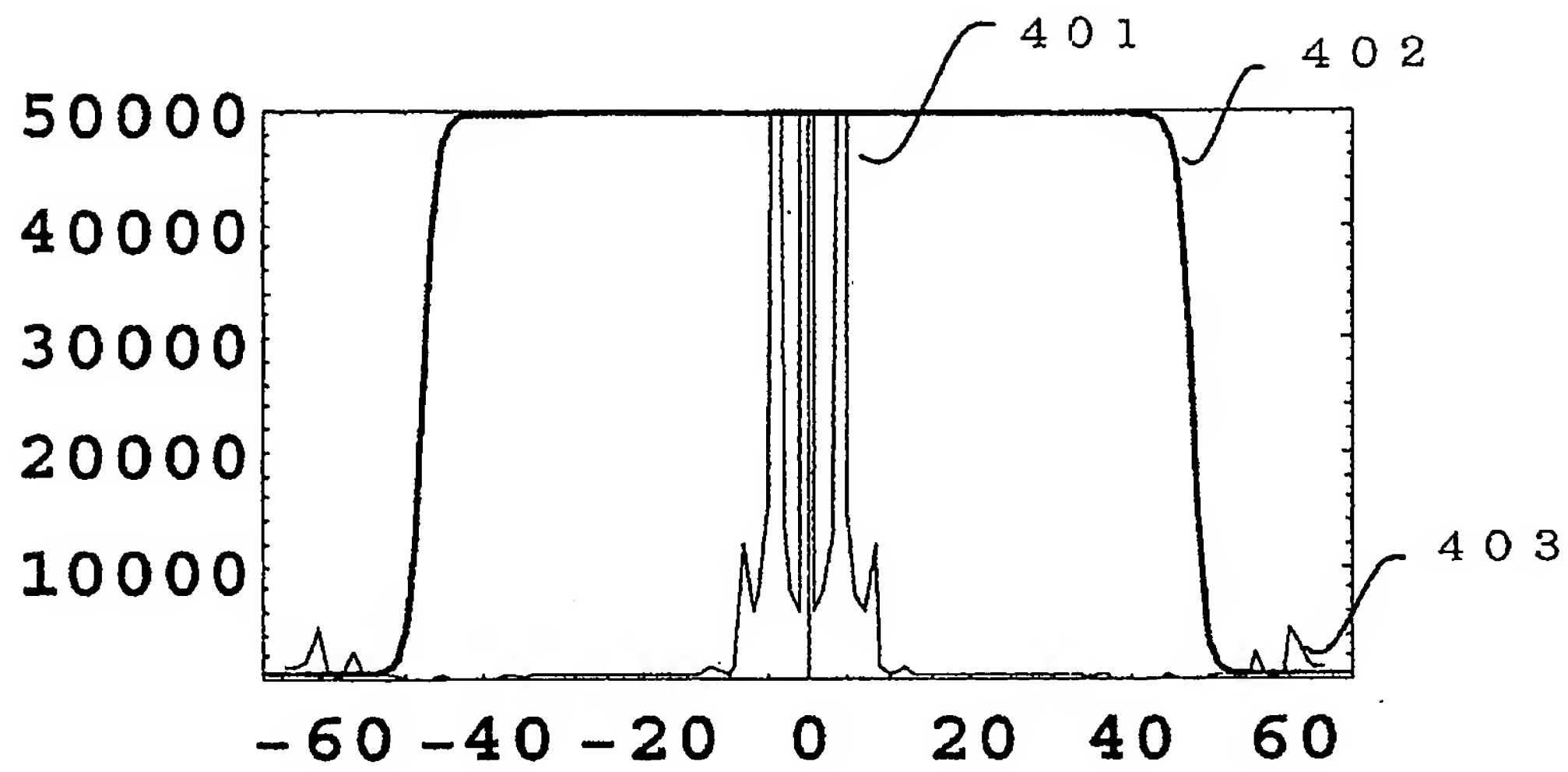
【図5】

図5



【図6】

図6



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

ラジアルスキャンで生じる放射状アーチファクトが抑制された動画撮影を実施可能な核磁気共鳴を用いた検査装置を提供する。

【解決手段】

静磁場の中に置かれた被検体（103）に、高周波磁場（106、107）、傾斜磁場（102、105）を印加して、前記被検体から発生する核磁気共鳴信号を検出するパルスシーケンスを制御する制御装置（104）を有し、前記制御装置は、（a）k空間を放射状に走査する前記核磁気共鳴信号を検出すること、（b）複数枚数撮影すること、（c）スライディングウィンドウを用いること、（d）前記走査をn個飛ばしに行い、時間フィルタによりアーチファクトを抑制することを特徴とする。

【選択図】 図2

【書類名】 出願人名義変更届
【整理番号】 NT04P0208
【提出日】 平成16年10月 7日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2004- 61856
【承継人】
 【識別番号】 000153498
 【氏名又は名称】 株式会社日立メディコ
【承継人代理人】
 【識別番号】 100068504
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小川 勝男
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 081423
 【納付金額】 4,200円
【提出物件の目録】
 【物件名】 権利の承継を証明する書面 1
 【援用の表示】 特願 2003-417436
 【包括委任状番号】 9003094
 【包括委任状番号】 9102622

【書類名】 出願人名義変更届
【整理番号】 NT04P0208
【提出日】 平成16年12月15日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2004- 61856
【承継人】
 【識別番号】 000153498
 【氏名又は名称】 株式会社日立メディコ
【承継人代理人】
 【識別番号】 100068504
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小川 勝男
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 081423
 【納付金額】 4,200円
【提出物件の目録】
 【物件名】 権利の承継を証明する書面 1
 【援用の表示】 特願 2 0 0 3 - 4 1 7 4 3 6
 【包括委任状番号】 9003094
 【包括委任状番号】 9102622

特願 2 0 0 4 - 0 6 1 8 5 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

- | | |
|----------|------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 3 1 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地 |
| 氏 名 | 株式会社日立製作所 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2 0 0 4 年 9 月 8 日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 |
| 氏 名 | 株式会社日立製作所 |

特願 2 0 0 4 - 0 6 1 8 5 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 1 5 3 4 9 8]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区内神田 1 丁目 1 番 1 4 号
氏 名	株式会社日立メディコ